

भारत का मंगल ग्रह परिक्रमा अभियान

आनन्द नारायण

भारत के लिए वह गर्व का क्षण था जब भारतीय अन्तरिक्ष अनुसन्धान संगठन (इण्डियन स्पेस रिसर्च ऑर्गेनाइजेशन) ने मंगल ग्रह परिक्रमा अभियान (मार्स ऑर्बिटर मिशन – MOM) का प्रक्षेपण किया, जो अभी तक का ऐसा सबसे पहला अभियान है जिसने सफलतापूर्वक मंगल ग्रह की एक कक्षा में अपना उपग्रह स्थापित किया। मंगल ही क्यों? वह क्या बात है जो सौर मण्डल में हमारे दूसरे पड़ौसी ग्रहों की तुलना में मंगल को हमारे लिए ज्यादा खास बनाती है? किसी अन्य ग्रह की खोजबीन करने के द्वारा हम क्या हासिल करने की आशा करते हैं? यह लेख अन्तर्ग्रहीय अनुसन्धानों से सम्बन्धित ऐसे कुछ सवालों की छानबीन करता है और साथ ही व्यवहार में अन्तरिक्ष विज्ञान की कार्यप्रणाली के बारे में समझ भी निर्मित करता है।

भारत ने 24 सितम्बर, 2014 को अन्तरिक्ष अनुसन्धान के क्षेत्र में अपनी यात्रा का एक प्रमुख पड़ाव हासिल किया। इस दिन भारत के पहले अन्तर्ग्रहीय अभियान एम.ओ.एम. के उपग्रह ने मंगल की कक्षा में प्रवेश किया। इस सफलता ने भारतीय अन्तरिक्ष अनुसन्धान संगठन (इण्डियन स्पेस रिसर्च ऑर्गेनाइजेशन – इसरो) को अमेरिकी, यूरोपीय तथा रूसी अन्तरिक्ष संस्थाओं की बिरादरी में शामिल कर दिया, जो अकेली ऐसी संस्थाएँ हैं जिन्होंने पहले ऐसी ही उपलब्धि हासिल की हैं।

इसरो ने एम.ओ.एम. तथा उसकी 65 करोड़ किलोमीटर की यात्रा का वर्णन एक वैज्ञानिक अभियान के रूप में उतना नहीं किया जितना कि एक प्रौद्योगिकी प्रदर्शन अभियान के रूप में किया। भारत ने ऐसा पहले कभी नहीं किया था। प्रौद्योगिक रूप से हमसे अधिक विकसित जापान और चीन जैसे देशों ने किसी दूसरे ग्रह की कक्षा में उपग्रह स्थापित करने के प्रयास किए थे, पर वे असफल रहे थे।

अन्तर्ग्रहीय यात्रा एक पेचीदा और जोखिमभरा उद्यम होता है। हमसे दस लाख किलोमीटर दूर स्थित एक ग्रह तक अन्ततः पहुँचने के यात्रापथ को निर्धारित करना कोई छोटा जोखिम नहीं होता। यह तथ्य, कि हम एक गतिमान प्रक्षेपण स्थल (पृथ्वी) पर स्थित हैं, और हमारा लक्ष्य ग्रह भी हमारे सापेक्ष गति कर रहा है, यात्रापथ के निर्धारण में निहित गणनाओं को और भी अधिक जटिल बना देता है।

एम.ओ.एम. और उसके पहले चन्द्रयान अभियान की सफलता के द्वारा इसरो ने सुदूर गहन

अन्तरिक्ष में संचार तथा अन्तरिक्ष यान की गति के दिशा नियंत्रण की अपनी प्रौद्योगिकीय क्षमताओं को बखूबी प्रदर्शित किया है। उसके साथ ही उसने अन्तर्ग्रहीय यात्राओं में समर्थ एक विश्वसनीय उपग्रह वाहक के रूप में ध्रुवीय उपग्रह प्रक्षेपण वाहन (पोलर सैटेलाइट लान्च व्हीकल –पी.एस. एल.वी.) की प्रतिष्ठा को भी स्थापित किया है।

इस एक अकेले अभियान की सफलता से हम अनेक वैज्ञानिक सबक सीख सकते हैं। यह लेख उनमें से कुछ को प्रस्तुत करता है।

1. मंगल ही क्यों?

पृथ्वी से दूरी की दृष्टि से मंगल की अपेक्षा शुक्र हमारे अधिक निकट है। फिर इसरो ने अपने पहले अन्तर्ग्रहीय अभियान के लिए शुक्र के बजाय मंगल को क्यों चुना?

इसके दो मुख्य कारण हैं :

1. वैज्ञानिक अनुसन्धान की दृष्टि से शुक्र की तुलना में मंगल से पृथ्वी की साझा विशेषताएँ अधिक हैं। उन भूगर्भीय तथा जैविक प्रक्रियाओं को समझने के लिए जिन्होंने मंगल तथा पृथ्वी के विकास को आकार दिया हो सकता है, मंगल हमें भरपूर अवसर प्रदान करता है। साथ ही पृथ्वी से परे जीवन की खोज करने के लिए भी मंगल एक उत्कृष्ट विकल्प की तरह सामने आता है।
2. शुक्र की तुलना में, बहुत ऊँचाई वाली परिक्रमा कक्षा से मंगल की सतह और उसके उतार–चढ़ावों के स्वरूप की विशेषताओं का अध्ययन करना अधिक आसान है।

1.1 अतीत में पृथ्वी का सहोदर

मंगल की जाँच–पड़ताल करने का सबसे जबर्दस्त कारण यह है कि कई दृष्टियों से अपने अतीत में मंगल की पृथ्वी से नजदीकी समानताएँ थीं। पृथ्वी के ही समान मंगल भी अपनी धुरी के चारों ओर लगभग उतनी ही (24 घण्टे की) अवधि में एक बार घूमता है। इसका मतलब है कि मंगल पर भी दिन और रात का चक्र पृथ्वी के जैसा ही होता है। पृथ्वी के ही समान, मंगल पर भी ऋतुएँ होती हैं क्योंकि इसकी घूमने की धुरी 25 डिग्री के कोण पर झुकी रहती है। जब इसके एक ध्रुव पर सर्दी की ऋतु होती है तो वहाँ बर्फ जम जाती है और बड़ा आकार ले लेती है। पर गर्मियों की ऋतु में जब उसे लम्बी अवधियों तक अधिक सीधी सूर्य की रोशनी मिलती है, तो यह बर्फ का विस्तृत शिखर पिघल जाता है।

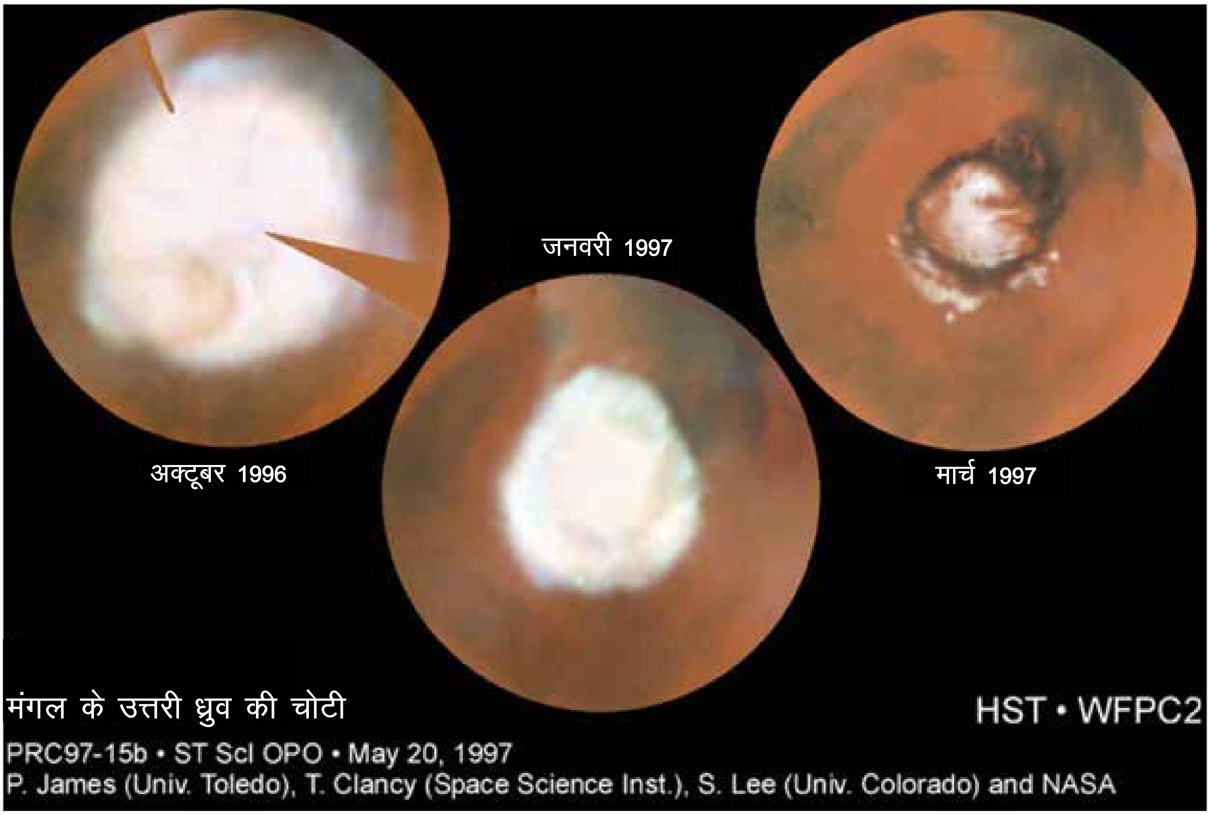
सामने के पृष्ठ पर दिया गया मंगल का चित्र हबल अन्तरिक्ष दूरदर्शी (स्पेस टेलिस्कोप) से लिया गया है। वह दर्शाता है कि किस तरह सर्दी और गर्मी की ऋतुओं में मंगल के उत्तरी ध्रुव पर बर्फ की मोटी परत बढ़ती और घटती है।

वर्तमान में मंगल की सतह सूखी है, लेकिन इस ग्रह पर ऐसे कई भूगर्भीय प्रमाण मिले हैं जो यह संकेत देते हैं कि कभी उसके ऊपर पानी द्रव अवस्था में बहा करता था। उपग्रह से ली गई तस्वीरों में इस ग्रह के कई स्थानों पर प्रवाह से बनी घुमावदार नहरों जैसी संरचनाएँ दिखाई देती हैं। ये नहरें बहुत कुछ पृथ्वी के सूखे नदी तलों, झीलों के डेल्टाओं (मुहानों की भूमि) और जलमार्गों जैसी दिखती हैं जो बहते हुए पानी द्वारा सतह को काटकर बना दी जाती हैं। भूवैज्ञानिकों की परिकल्पना है कि सुदूर अतीत में किसी समय, मंगल पर जलवायु की परिस्थितियाँ द्रव अवस्था में पानी के होने के लिए उपयुक्त थीं। सम्भव है कि तब मंगल की सतह का लगभग एक–तिहाई भाग समुद्रों से भरा रहा हो।

अब स्वाभाविक प्रश्न उठता है कि आखिरकार यह सारा पानी कहाँ चला गया?

इसका कोई निश्चित उत्तर नहीं हैं, हालाँकि इस ग्रह का छोटा आकार मंगल के गोल पिण्ड में हुए रूपान्तरों (एक हल्के गरम और गीले ग्रह से उस ठण्डे और सूखे पर्यावरण वाले ग्रह में बदलना जो हमें आज दिखाई देता है) का एक बड़ा कारण हो सकता है।

वर्तमान में मंगल का वायुमण्डल बहुत पतला है और अधिकांश रूप से वह कार्बन डाईआक्साइड



(CO_2) का बना है। उसका वायुमण्डल इतना पतला है कि मार्स की सतह पर उसका दबाव, पृथ्वी की समुद्री सतह पर वायुमण्डलीय दबाव के केवल लगभग 1/100 वें भाग के बराबर है। हो सकता है कि अतीत में परिस्थितियाँ काफी भिन्न रही हों।

बहुत सम्भावना इस बात की है कि अतीत में मंगल पर CO_2 (जो गर्मी को सोखने वाली ग्रीनहाउस गैस है) का घना वायुमण्डल रहा हो, जिसके कारण उसकी सतह का तापमान पानी को द्रव अवस्था में मौजूद रहने के लिए पर्याप्त गरम हो। समय बीतने के साथ, सौर हवाओं (सोलर विंड्स – सूर्य से निकले आवेशित कणों की सतत धारा जो एक सेकेण्ड में कई सौ किलोमीटर की गति से प्रवाहित होती है) के शक्तिशाली धक्कों ने धीरे–धीरे मंगल के वायुमण्डल से गैसों को हटा दिया होगा। छोटा ग्रह होने के कारण मंगल का चुम्बकीय क्षेत्र बहुत कमजोर था और सोलर हवाओं से ढाल की तरह ग्रह की रक्षा कर सकने के लिए उस प्रकार पर्याप्त नहीं था जैसा कि पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र अपने वायुमण्डल की रक्षा करता है। इसके अलावा मंगल की सतह के कम गुरुत्वाकर्षण का भी नतीजा था कि वह उन गैसों को पकड़े नहीं रख सका जो धीरे–धीरे उड़कर अन्तरिक्ष में जा रही थीं।

मंगल के वायुमण्डल के क्षीण होने की इस प्रक्रिया के दृश्यात्मक विवरण के लिए नासा की गोडार्ड वीडियो प्रस्तुतियों को निम्न वैबसाइटों पर देखें :

https://www.youtube.com/watch?v=ogcaSmofPo4

तथा

https://www.youtube.com/watch?v=0_iz5Nt0Qc8

जब वायुमण्डल का घनत्व कम हुआ होगा, तब द्रव अवस्था में मौजूद पानी सीधे–सीधे वाष्प में परिवर्तित होता गया होगा। जिस तापमान पर पानी द्रव अवस्था से वाष्प अवस्था में बदलता है उसे उसका क्वथनांक (ब्वॉयलिंग प्वाइंट) कहते हैं। और वह दबाव पर निर्भर करता है जैसा कि यहाँ एक ग्राफ में दर्शाया गया है। जैसे–जैसे मंगल पर वायुमण्डलीय दबाव कम हुआ होगा, उसके परिवेश का तापमान उसकी सतह पर मौजूद पानी का

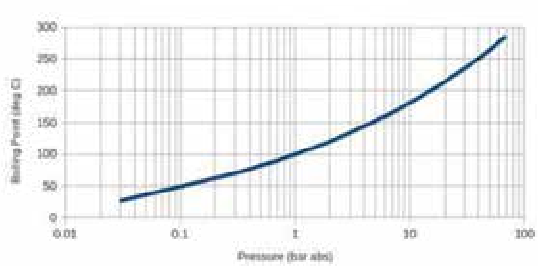
वायुमण्डल की हानि को कैसे नापा जाता है?

वर्तमान दौर में मंगल पर जो भी थोड़ा–सा वायुमण्डल शेष रह गया है, उसमें मौजूद ड्यूटीरियम तथा हाइड्रोजन की प्रचुरता के अनुपात (D/H) का मापन करके, वैज्ञानिक उसके क्षय होने की दर का आकलन करने की कोशिश कर रहे हैं। हाइड्रोजन की तुलना में दोगुना भारी होने के कारण ड्यूटीरियम हाइड्रोजन की तुलना में ज्यादा धीमी गति से कम होगा। मंगल के वायुमण्डल में D/H के प्रारम्भिक अनुपात का वास्तविक रूप से सम्भव अनुमान लगाकर और इस अनुपात का वर्तमान मान मापकर, अतीत में वायुमण्डल के क्षीण होने की दर का आकलन किया जा सकता है।

वाष्पीकरण करने के लिए पर्याप्त ऊँचा रहा होगा। इस प्रकार से उत्पादित पानी की समस्त वाष्प बाहरी अन्तरिक्ष में निकल गई होगी।

हालाँकि मंगल के धरातल का अधिकांश पानी वाष्प बनकर उड़ चुका है, वैज्ञानिकों का अनुमान

पानी – दबाव तथा क्वथनांक



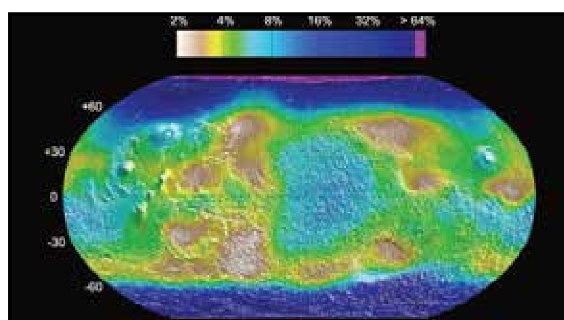
है कि मंगल की सतह से कई हजार मीटर नीचे उसके अन्दर द्रव अवस्था में पानी के खासे बड़े भण्डार अभी भी मौजूद हो सकते हैं। इस पानी के महत्त्वपूर्ण अंश इस ग्रह के ध्रुवीय क्षेत्रों में लगभग 60 डिग्री उत्तर तथा दक्षिण के अक्षांश के परे स्थित हैं, जैसा कि अगले चित्र में दर्शाया गया है।

जीवन को जैसा हम यहाँ पृथ्वी पर जानते हैं, उसके प्रकट होने तथा उसके विकास के लिए पानी को नितान्त आवश्यक माना जाता है।

द्रव अवस्था को लाँघते हुए, सीधे बर्फ से वाष्प बनना

वह तापमान जिस पर बर्फ पानी में बदलता है उसे पानी का गलनांक (मैल्टिंग पाइंट) कहते हैं और जिस तापमान पर पानी वाष्प में बदलता है उसे उसका क्वथनांक (बॉयलिंग पाइंट) कहते हैं। अवस्था परिवर्तन के ये दोनों तापमान परिवेश के वायुमण्डलीय दबाव पर निर्भर करते हैं। कम दबाव की स्थितियों में गलनांक तथा क्वथनांक, दोनों ही घट जाते हैं। मंगल की सतह पर दबाव पृथ्वी के समुद्री धरातल पर के वायुमण्डलीय दबाव के 1% से भी कम है। ऐसे कम दबाव की स्थितियों के अन्तर्गत जब ध्रुवीय बर्फ के शिखर पिघलते हैं, तो बर्फ में मौजूद CO_2 तथा H_2O दोनों ही सीधे अपने वाष्प रूप में परिवर्तित हो जाते हैं। इस प्रक्रिया को उत्सादन (सबलिमेशन) कहते हैं।

इसलिए मंगल पर पानी खोजना या उसकी मौजूदगी का कोई प्रमाण खोजना, मंगल के सभी अभियानों का एक प्रमुख लक्ष्य रहा है।



मंगल के पानी का मानचित्र: यह मंगल के गोल पिण्ड की मिट्टी का मानचित्र है जो उसमें निहित पानी की मात्रा की निचली सीमाएँ दर्शाता है। इन मात्राओं के अनुमान वहाँ हाइड्रोजन की विपुलता के आधार पर निर्धारित किए गए हैं, जिसे नासा के मार्स ऑडेसी अन्तरिक्षयान के गामा किरणों के स्पैक्ट्रोमीटर कक्ष में उसके न्यूट्रोन स्पैक्ट्रोमीटर घटक के द्वारा नापा गया है। पानी–द्रव्यमान अनुपातों के सर्वाधिक मान, 30 प्रतिशत से अधिक से लेकर 60 प्रतिशत से काफी ज्यादा तक, उसके ध्रुवीय क्षेत्रों में अर्थात उत्तर या दक्षिण में 60 डिग्री अक्षांशों के परे स्थित हैं। आभार : नासा।



मंगल के गोले का सर्वेक्षण करने वाला (मार्स ग्लोबल सर्वेयर) रोबोट युक्त अन्तरिक्ष यान, जो वर्तमान में मंगल की परिक्रमा कर रहा है, से लिया गया फोटोग्राफ। ग्रह की सतह पर अनेक नालियाँ दिखाई दे रही हैं जो पृथ्वी पर मौजूद प्रवाह मार्गों के ही समान हैं। ये निशान अतीत में मंगल पर पानी के प्रवाह का परिणाम हो सकते हैं। फोटो आभार : जेपीएल, नासा



यूरोपियन स्पेस एजेंसी के मार्स एक्सप्रेस यान पर लगे हाई रिजोल्यूशन स्टीरियो कैमरे से लिया गया मंगल की सतह का फोटोग्राफ। इस तस्वीर में, किसी समय ग्रह की सतह पर बहने वाले पानी द्वारा बनाई गई प्रवाही नालियों के साथ ही, हम कुछ खड्डों को भी देख सकते हैं जो सम्भवतः क्षुद्र ग्रहों के मंगल से टकराने के कारण बने होंगे। आभार : ईएसए/डीएलआर/एफयू बर्लिन (जी. न्यूकम)

1.2 विहंगम दृष्टि से दिखाई देने वाला नीचे का दृश्य

शुक्र की अपेक्षा मंगल को अधिक वांछनीय लक्ष्य बनाने का एक अन्य मजबूत कारण है कि एकबारगी अन्तरिक्ष यान के मंगल की एक कक्षा में स्थापित हो जाने के बाद, इस ग्रह की सतह की बनावट और उसकी विशेषताओं के बारे में जानकारी एकत्रित करना काफी सुविधाजनक होता है।

शुक्र पर बहुत घना वायुमण्डल है। शुक्र की सतह पर उसके वायुमण्डल के कारण पड़ने वाला दबाव, पृथ्वी के समुद्र की सतह के वायुमण्डलीय दबाव से 90–100 गुना अधिक होने का अनुमान है। घने बादलों की कई परतें उसकी सतह को एक मोटे कम्बल की तरह घेरे रहती हैं। अधिक ऊँचाई पर उस ग्रह की परिक्रमा करने वाले किसी अन्तरिक्ष यान पर लगे उपकरण इस अपारदर्शी आवरण में से झाँककर एक स्पष्ट विहंगम दृश्य देख नहीं देख सकेंगे। किसी भी परिक्रमा अभियान की वैज्ञानिक सम्भावनाओं के मार्ग में यह एक बड़ी बाधा है।

शुक्र का वायुमण्डल सतह पर उतरने वाले अन्तरिक्ष यानों के लिए अनुकूल नहीं है। शुक्र के वायुमण्डल में भारी मात्राओं में मौजूद CO_2 ने ग्रह को गरमाने का शक्तिशाली प्रभाव (ग्रीनहाउस इफैक्ट) पैदा कर दिया। शुक्र की सतह पर औसत तापमान 450 डिग्री सेन्टीग्रेड है, जो इसे सौर मण्डल का सबसे गरम, यहाँ तक कि बुध से भी अधिक गरम, ग्रह बना देता है। वहाँ बहुत ताकतवर हवाएँ भी रहती हैं जो 300 किलोमीटर प्रति घण्टे या उससे भी अधिक गति से चलती हैं। उनके कारण वायुमण्डल बहुत उथल–पुथल वाला होता है। ऐसी कठिन और प्रतिकूल परिस्थितियों के चलते सतह पर उतरने वाले यानों पर लगे उपकरणों के लिए किसी भी अवधि तक उचित ढंग से अपना काम कर सकना बहुत कठिन होता है।

इसकी तुलना में मंगल, उसके पतले धुँए जैसे वायुमण्डल में से झाँककर नीचे सतह तक का पूरा दृश्य देख सकने की सुविधा प्रदान करता है।

प्रक्षेपण की समय–खिड़की

प्रक्षेपण का समय एक अत्यन्त महत्त्वपूर्ण निर्णय होता है जो कई कारकों के आधार पर निर्धारित होता है। प्रक्षेपण की एक आदर्श तारीख वह होती है जब अन्तरिक्ष यान को उसके नियोजित यात्रा पथ पर भेजने के लिए सबसे कम मात्रा में प्रोपैलेंट

(राकेट को तीव्र गति से धकेलने वाला ईंधन) की जरूरत होती है। ईंधन पूरे अभियान के वजन को बढ़ा देता है और ईंधन बहुत खर्चीला भी होता है।

प्रक्षेपण की दिशा अभियान की लागतों पर प्रभाव डालने वाली एक महत्त्वपूर्ण कारक होती है। हम अपने भोलेपन में सोच सकते हैं कि बाह्य अन्तरिक्ष में किसी लक्ष्य तक जाने के लिए सबसे सक्षम तरीका पृथ्वी से राकेट को सीधे इच्छित दिशा में प्रक्षेपित कर देना है। लेकिन सीधी रेखा जैसा यात्रा पथ ऊर्जा को खर्च करने का बहुत अक्षम और खर्चीला तरीका है।

अन्तरिक्ष यान की पूरी यात्रा में से, उसके प्रारम्भिक चरणों में ही उसके राकेट का सर्वाधिक ईंधन खर्च हो जाता है, जब प्रक्षेपण वाहन उठने की और तीव्र गति से पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से निकल भागने की कोशिश कर रहा होता है। इस चरण में कुछ विकल्पों को चुनकर बहुत–सा ईंधन बचाया जा सकता है।

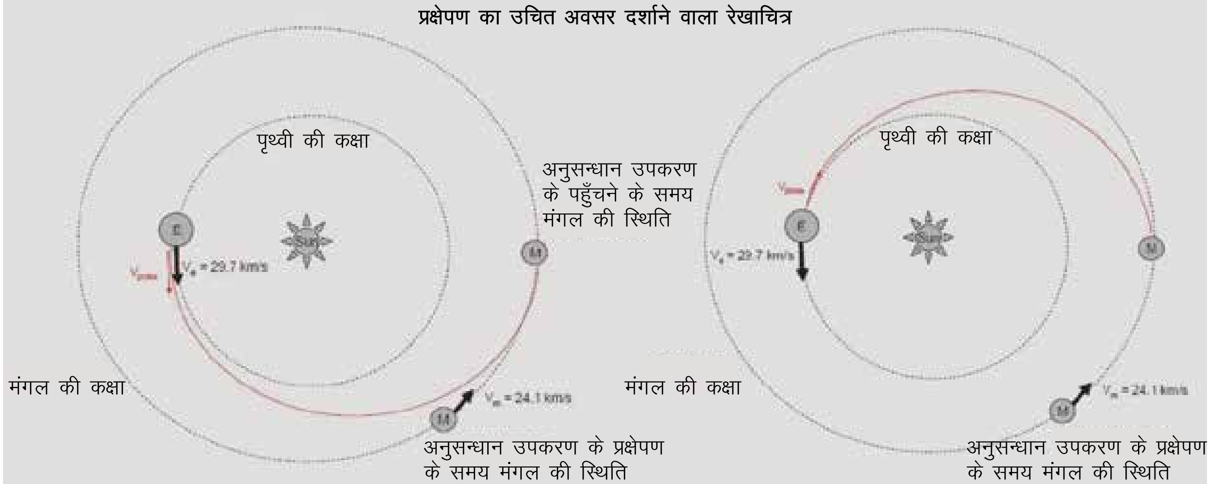
1. पृथ्वी सूर्य के चारों ओर 1,00,000 किलोमीटर प्रति घण्टा (लगभग 30 किमी/सेकेण्ड) की गति से चक्कर लगा रही होती है। यदि प्रक्षेपण वाहन की गति को बढ़ाते हुए उसी दिशा में धकेल दिया जाए जिसमें पृथ्वी सूर्य का चक्कर लगा रही हो तो उससे वाहन की गति में बड़ी प्रारम्भिक बढ़त मिल जाएगी (वैसी ही जैसी बढ़त हमें तब मिलती है, जब हम किसी चलते हुए वाहन में से कूदते हैं और जिसके कारण हम कुछ गति से उसी दिशा में कुछ दूर तक दौड़ते रहते हैं)।
2. पृथ्वी अपनी धुरी पर पश्चिम से पूर्व की ओर घूमती है। भूमध्य रेखा पर, पृथ्वी की सतह 1600 किलोमीटर प्रति घण्टे की रफ्तार से घूम रही होती है। भूमध्य रेखा पर स्थित किसी प्रक्षेपण स्थल से यदि राकेट को पूर्व की दिशा में प्रक्षेपित किया जाए, तो पृथ्वी के घूमने की गति का लाभ मिलने से उस राकेट का वेग बढ़ जाता है।

इसलिए, पृथ्वी के घूमने (स्पिन) की और सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाने की उसकी दिशा में ही प्रक्षेपण करने से, प्रक्षेपण वाहन अपनी ऊँचाई बढ़ाने के प्रयास में इन गतियों का सर्वाधिक लाभ ले सकता है।

मंगल पर अन्य आकर्षण

मंगल के गोल पिण्ड की धूल भरी आँधियाँ : उपग्रह और दूरदर्शी से लिए गए अवलोकनों ने दर्शाया है कि बड़े पैमाने पर चलने वाली धूल भरी आँधियाँ मंगल पर बार–बार घटने वाली घटनाएँ हैं। वे कुछ घण्टों में ही निर्मित हो जाती हैं और कुछ दिनों के ही भीतर पूरे ग्रह पर छा जाती हैं। एकबारगी जब ये धूल भरी आँधियाँ बन जाती हैं, तो फिर ग्रह की

प्रक्षेपण का उचित अवसर दर्शाने वाला रेखाचित्र



सतह के कमजोर गुरुत्वाकर्षण बल के कारण, उस धूल को वापिस बैठने में कई सप्ताह लग जाते हैं। यह स्पष्ट नहीं है कि बहुत पतला वायुमण्डल होने के बावजूद ये आँधियाँ इतनी विराट कैसे हो जाती हैं और कैसे इतने लम्बे समय तक मंगल पर बनी रहती हैं।



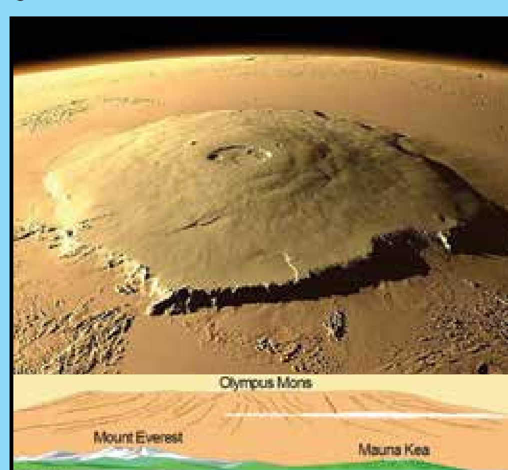
विशाल कैनियन्स (घाटियाँ) : सौर मण्डल में सबसे बड़ी कैनियन (घाटी) मंगल पर ही है। मैरीनर वैली (इसका नाम मैरीनर 9 अन्तरिक्ष यान के नाम पर पड़ा जिसने इस घाटी को खोजा था) कहलाने वाली यह विशाल घाटी, मंगल की मध्य रेखा के किनारे–किनारे चलती है। यह लगभग 4000 किलोमीटर लम्बी है अर्थात उतनी ही लम्बी जितना एशिया महाद्वीप है। यह घाटी अतीत में आई बाढ़ों के कई शेष चिन्ह दर्शाती है, जिनमें गहरी प्रवाह नालियाँ भी हैं जो किसी समय ऊपर की सतह से इस खाई में तेजी से बहकर आने वाले पानी द्वारा काटकर बनाई गई हो सकती हैं।



(i) मंगल की मैरीनर घाटी तथा; (ii) चित्रकार के द्वारा दर्शाई गई मैरीनर घाटी : मंगल की मध्य रेखा के किनारे दिखने वाला खाई का क्षेत्र ही मैरीनर घाटी है, जो सौर मण्डल की सबसे बड़ी घाटी है। अगला चित्र एक चित्रकार द्वारा चित्रित मैरीनर घाटी की छवि है। आभार : नासा।



ज्वालामुखीय पर्वत : सौर मण्डल में सबसे विशाल पर्वत होने का गौरव भी मंगल को ही प्राप्त है। इसके विराट पर्वत माउण्ट ओलम्पस की चोटी की ऊँचाई 22 किलोमीटर है और आधार का घेरा 600 किलोमीटर का है। यह पृथ्वी के सबसे ऊँचे पर्वत माउण्ट एवरेस्ट से तीन गुना बड़ा है। मंगल पर बड़ी संख्या में बुझ चुके ज्वालामुखीय पर्वत मौजूद हैं और उनमें भी माउण्ट ओलम्पस सबसे ऊँचा है। मंगल पर ओलम्पस मोन्स नाम का एक ढाल ज्वालामुखी (शील्ड वोल्केनो) भी है। उग्रतापूर्वक पिघली हुई राख और लावा उगलने के बजाय, ढाल ज्वालामुखी पिघले हुए पदार्थ के धीरे–धीरे उनकी ढलानों पर नीचे बहते हुए जम जाने के कारण निर्मित होते हैं।



मंगल का माउण्ट ओलम्पस 1 : सौर मण्डल की सबसे ऊँची चोटी माउण्ट ओलम्पस मंगल पर है। नासा के एक उपग्रह से लिया गया यह चित्र अब बुझ चुके इस ज्वालामुखीय पर्वत को नजदीक से दिखाता है। आभार : नासा

प्रक्षेपण वाहन तथा ले जाया जाने वाला एम.ओ.एम. उपकरण समूह (पेलोड)

हर उपग्रह या अन्तरिक्ष यान को वांछित कक्षा में धकेलकर ले जाने और स्थापित करने के लिए एक प्रक्षेपण वाहन की आवश्यकता होती है। आमतौर पर प्रक्षेपण वाहन मानव–रहित राकेट होते हैं। मंगल ग्रह परिक्रमा अभियान (मार्स ऑर्बिटर मिशन–एम.ओ.एम.) को ध्रुवीय उपग्रह प्रक्षेपण वाहन (पोलर सैटेलाइट लॉच व्हीकल–पी.एस.एल.वी.) के द्वारा प्रक्षेपित किया गया। पी.एस.एल.वी. में शक्तिशाली ईंधन (प्रोपैलेंट) भण्डार वाले चार अलग–अलग खण्ड होते हैं, जो उड़ान के विभिन्न चरणों में प्रज्वलित होकर काम करते हैं। उपग्रह को पेलोड (ले जाया जाने वाला भार) कहा जाता है। पी.एस.एल.वी.में यह पेलोड राकेट के चौथे और आखिरी खण्ड से जुड़ा रहता है (दिए गए फोटोग्राफ को देखें)।

उपग्रह को एक ऊष्मा कवच (कई पदार्थों से निर्मित एक मजबूत परत जो दो अर्ध–भागों में बँटी रहती है जिनको बाद में जोड़ दिया जाता है) के भीतर बन्द किया जाता है। इस ऊष्मा कवच में भीतर ताप और ध्वनि को सोखने वाली परतों के गद्देनुमा पैड लगे रहते हैं। जब राकेट आवेग हासिल करता है तो उसके जो बाहरी भाग पृथ्वी के वायुमण्डल के सीधे सम्पर्क में आते हैं, वे उनके और वायुमण्डल के बीच के घर्षण के कारण कई हजार डिग्री के तापमान तक गरम हो जाते हैं। ऊष्मा कवच अवरोध बनकर इस वायुगतिकीय ताप (ऐरोडायनेमिक हीटिंग) से उपग्रह की रक्षा करता है।

राकेट का हर खण्ड उसकी उड़ान के दौरान अलग–अलग समय पर प्रज्वलित होता है, पूरा जलकर चुक जाता है और फिर अलग होकर गिर जाता है। सबसे आखिर में पी.एस.एल.वी.राकेट के चौथे खण्ड से वह ऊष्मा कवच वाला हिस्सा अलग होता है जिसके भीतर पेलोड रहता है। यह अलग होना सामान्यतया उड़ान प्रारम्भ होने के 3 मिनट के भीतर होता है जब राकेट 130 किलोमीटर की ऊँचाई हासिल कर लेता है।



पी.एस.एल.वी.–सी 25 का फोटोग्राफ, यह वह राकेट है जो मंगल परिक्रमा अभियान को ले गया था। इस राकेट की ऊँचाई 45 मीटर है, व्यास 3 मीटर है और वजन लगभग 300 टन है। यह राकेट 1500 किलोग्राम भार तक के पेलोड को जियोसिंक्रोनस ऑर्बिट (पृथ्वी के समान गति से घूमने वाली कक्षा, जो पृथ्वी के सापेक्ष स्थिर रहती है) में स्थापित कर सकता है।
©: इसरो

मंगल ग्रह परिक्रमा अभियान के उपग्रह में पाँच वैज्ञानिक उपकरण लगे हुए हैं। ये पाँच उपकरण तीन ऐसे व्यापक विषय क्षेत्रों का अध्ययन करने के लिए हैं जिन सभी का सम्बन्ध मंगल की जलवायु तथा उसकी भूगर्भीय संरचना को बेहतर ढंग से समझने से है। पेलोड के इन उपकरणों और उनके वैज्ञानिक उद्देश्यों का नीचे वर्णन किया गया है।

1. लीमैन ऐल्फा फोटोमीटर, जिसे संक्षेप में लैप कहा जाता है, में एक ऐसा संसूचक (डिटैक्टर) है जो अल्ट्रवायलैट फोटोनों (पराबैंगनी प्रकाश कणों) की मौजूदगी को पकड़ सकता है। इस उपकरण में मंगल के वायुमण्डल में ड्यूटीरियम और हाइड्रोजन की प्रचुरता का मौजूदा अनुपात मापने की क्षमता



मंगल परिक्रमा अभियान का अन्तरिक्ष यान (चित्र में वह सोने की परत से ढँका हुआ दिखाई दे रहा है) जिसे पी.एस.एल.वी.–सी 25 के चौथे खण्ड से जोड़ा जाता है और जो यहाँ ऊष्मा कवच के भीतर बन्द होने के लिए तैयार है। © : इसरो

होती है। यह माप इसका एक अनुमान प्रदान करेगा कि मंगल का वायुमण्डल कितनी तेजी से क्षीण हो रहा है।

2. मार्शियन ऐक्सोस्फैरिक न्यूट्रल कम्पोजीशन ऐनालाइजर, जो मेनका (एम.ई.एन.सी.ए.) भी कहलाता है, एक मास (द्रव्यमान) स्पेक्ट्रोमीटर उपकरण है जो मंगल के वायुमण्डल में मौजूद विभिन्न अणुओं के द्रव्यमानों को माप सकता है और वायुमण्डल की रासायनिक संरचना का भी विश्लेषण कर सकता है।

3. मंगल पर मीथेन की उपस्थिति पकड़ने वाला एक उपकरण (मीथेन सैंसर) : इसे मंगल के वायुमण्डल में मीथेन के अणुओं की थोड़ी–सी भी मौजूदगी की तलाश करने के लिए लगाया गया है। यह एक अरब अणुओं में मीथेन के एक अणु जितने अत्यधिक कम सान्द्रण स्तर तक उस गैस की उपस्थिति को भी पकड़ सकता है। मंगल पर मीथेन की मौजूदगी का प्रमाण मिलना उस पर सूक्ष्मजीवों (माइक्रोब) के रूप में जीवन की उपस्थिति का संकेत दे सकता है। पृथ्वी पर मौजूद मीथेन का खासा बड़ा हिस्सा जैविक स्रोतों से पैदा हुआ है। कुछ सूक्ष्म–जीवन रूप, जो मीथेनोजेन्स कहलाते हैं, अपनी पाचन की रसक्रिया के परिणामस्वरूप मीथेन पैदा करते हैं। यदि मंगल का वातावरण भी सूक्ष्मजीवों के जीवन को सहारा देता है तो वहाँ पर भी मीथेन का ऐसा जैविक स्रोत होना सम्भव है।

4. मंगल के लिए एक कलर कैमरा : यह एक 2000 x 2000 पिक्सेल का ऐरे (लैंसों की शृंखला वाला) कैमरा है जो, उन्हीं ऊर्जा स्तरों पर जिन पर सामान्य रूप से मनुष्य की आँखों को चीजें दिखाई देती हैं, मंगल की सतह की हाई रिजोल्यूशन वाली तस्वीरें ले सकता है। कैमरे से ली गई तस्वीरों से हम मंगल की सतह पर मौजूद आकारों और विशेषताओं को 25 किलोमीटर की दूरी तक के पैमाने पर देख सकते हैं।

5. थर्मल इन्फ्रारैड इमेजिंग स्पेक्ट्रोमीटर : इस उपकरण का प्रयोजन मंगल की सतह पर मौजूद खनिजों का मानचित्र बनाना है। इस काम को यह उस थर्मल रेडियेशन (अर्थात ऊष्मा के विकिरण) को पकड़कर करता है, जिसे सूर्य के प्रकाश से तपी हुई मंगल की सतह उत्सर्जित करती है। स्पेक्ट्रोमीटर में प्रवेश करने वाले इन्फ्रारैड प्रकाश को फोटोन ऊर्जाओं के छोटे–छोटे हिस्सों में अलग कर दिया जाता है और उनमें से हर ऊर्जा पर एक चित्र निर्मित होता है।

निष्कर्ष

मंगल ग्रह का अनुसन्धान एक चल रही गाथा है। जब आप इस लेख को पढ़ रहे हैं, तब भी कक्षा में परिक्रमा करने वाले कई उपग्रह और रोबोट मंगल का सर्वेक्षण कर रहे हैं। वे मंगल के वायुमण्डल, उसकी जलवायु, सतह के उतार–चढ़ावों, और उसकी मिट्टी के संघटन के बारे में विस्तृत जानकारी प्रदान कर रहे हैं, साथ

ही वे पूरे समय मंगल पर पानी और सूक्ष्मजीवन रूपों की मौजूदगी की भी खोज कर रहे हैं। सितम्बर 2014 से भारत का मंगल ग्रह परिक्रमा अभियान भी इस सामूहिक प्रयास में शामिल हो गया है।

सौर मण्डल के सभी ग्रहों और अन्य छोटे पिण्डों में से, अभी एक पृथ्वी ही है जिसने जीवन को सहारा दिया है। हमारा ग्रह कैसे जीवन के लिए एक सुरक्षित शरण–स्थल के रूप में विकसित हुआ, इसकी प्रक्रिया अभी भी पूरी तरह नहीं समझी गई है। इसका उत्तर पाने की एक सम्भावना मंगल जैसे ग्रहों की जाँच–पड़ताल करने में दिखाई देती है, जो किसी समय जीवन के रह सकने लायक संसार थे, पर जो धीरे–धीरे उस स्थिति से दूर चले गए।

मंगल के बारे में और भी बहुत कुछ पढ़ने के लिए इस वैबसाइट को देखें :
http://mars.nasa.gov/allaboutmars/



अन्तर्ग्रहीय अभियानों के प्रकार

अन्तर्ग्रहीय अन्तरिक्ष यान निम्न तीन में से किसी एक श्रेणी के या एक से अधिक श्रेणियों के अन्तर्गत आते हैं : (क) उड़ते हुए पास से गुजर जाने वाले (फ्लाईबाई) अन्तरिक्ष यान, (ख) कक्षा में चक्कर लगाने वाले अन्तरिक्ष यान (ऑर्बिटर्स), (ग) धरातल पर उतरने वाले अन्तरिक्ष यान (लैंडर्स)

(क) फ्लाईबाई अन्तरिक्ष यान : ये ऐसे अभियान होते हैं जिनका यात्रा पथ उन्हें अन्त में लक्ष्य ग्रह से दूर ले जाता है। वे कभी भी किसी ग्रह की परिक्रमा कक्षा में कैद नहीं हो जाते। उन्हें अपेक्षित जानकारी एकत्रित करने का एकमात्र अवसर तब मिलता है, जब वे उन आकाशीय पिण्डों के पास से गुजरते हैं जिनमें अभियान की दिलचस्पी होती है। उनका विशेष लाभ यह है कि उसी अन्तरिक्ष यान को एक से अधिक चीजों (ग्रहों, चन्द्रमाओं, क्षुद्र ग्रहों आदि) के बारे में जानकारी हासिल करने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है, बशर्ते कि अन्तरिक्ष यान का यात्रा पथ उसे उस पिण्ड के पास तक ले जाए। प्रारम्भिक अन्तर्ग्रहीय अभियान प्रमुख रूप से फ्लाईबाई ही थे। उनके कुछ उदाहरण हैं : वॉएजर 1,2, मैरीनर 1–10, पायोनियर 10 एवं 11।

(ख) ऑर्बिटर्स : ये ऐसे अन्तरिक्ष यान होते हैं जो ग्रहों की या ग्रहों के चन्द्रमाओं की एक परिक्रमा कक्षा में प्रवेश करते हैं। बाद के वर्षों के कई मंगल अभियान, जैसे कि मार्स ग्लोबल सर्वेयर, मार्स ऑडेसी और मेवन (एमएवीईएन), ऑर्बिटर्स की श्रेणी में ही आते हैं। इसरो का चन्द्रयान तथा मंगल परिक्रमा अभियान भी इसी श्रेणी में आते हैं।

(ग) लैंडर्स : ये ऐसे अन्तरिक्ष यान होते हैं जिन्हें किसी ग्रह की सतह पर उतरने के लिए उपयुक्त बनाया जाता है। लैंडर्स पर अक्सर कैमरे लगे रहते हैं जो सतह के स्तर पर उसके उतार–चढ़ावों और आकारों की तस्वीरें ले सकते हैं। उन पर ऐसे उपकरण भी होते हैं जो ग्रह की सतह से मिट्टी या चट्टान के नमूने लेकर उनका वहीं विश्लेषण करने में सक्षम होते हैं। लैंडर का ही एक अतिरिक्त स्वरूप रोवर (इधर–उधर घूमने वाला उपकरण) होता है, जो वास्तव में एक रोबोट नुमा अन्तरिक्ष यान होता है, जिसकी रचना इधर–उधर घूमते हुए, ग्रह के अधिक बड़े क्षेत्र का सर्वेक्षण करने के लिए की जाती है।

लैंडर्स को आमतौर पर ऑर्बिटर्स से उतारकर संचालित किया जाता है। जुड़वाँ रोवर्स, स्पिरिट तथा अपार्चुनिटी, इनके उत्तम उदाहरण हैं।

मंगल के अनुसन्धान का इतिहास

मनुष्य के द्वारा मंगल ग्रह का अनुसन्धान बहुत पहले 1960 के दशक में आरम्भ हुआ था। 1960 और 1970 के बीच के दस सालों में, तब के सोवियत रूस तथा अमेरिका के द्वारा इसके लिए 12 प्रयास किए गए। लगातार कई असफलताओं के बाद, नवम्बर 1964 में अमेरिका का अन्तरिक्ष यान मैरीनर 4 पहला ऐसा (फ्लाईबाई) अन्तरिक्ष यान था जो सफलतापूर्वक मंगल के निकट से गुजरा।

तब से ऐसे अभियानों का सिलसिला चलता रहा है, जिनमें से कुछ बहुत सफल और कुछ निराशाजनक रहे हैं। नीचे दी गई तालिकाएँ मंगल के अनुसन्धानों के समयबद्ध सिलसिले के इतिहास को संक्षेप में प्रस्तुत करती हैं। *(जानकारी साभार : किरन मोहन, लिक्विड प्रोपल्शन सिस्टम्स सेण्टर, इसरो)*

Decade	No of Attempts	No of Success/ Partial Success	No of Failures
1960s	12	3	9
1970s	11	6 (Including 1st orbiter)	5
1980s	2	1	1
1990s	8	3	5
2000s	8	7	1
2010s	3	1	2
Total	44	21 (47%)	23(53%)

1960 – 1970

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
Mars 1M No.1	USSR	10 Oct 1960	Flyby	Launch Failure
Mars 1M No.2	USSR	14 Oct 1960	Flyby	Launch Failure
Mars 2MV-4 No.1	USSR	24 Oct 1960	Flyby	Launch Failure
Mars 1	USSR	1 Nov 1960	Flyby	Some data collected. Lost contact before reaching Mars, flyby at approx. 1,93,000 km
Mars 2MV 3 No.1	USSR	4 Nov 1960	Lander	Failed to leave Earth's orbit

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
Mariner 3	USA	5 Nov 1964	Flyby	Failure during launch disrupted trajectory
Mariner 4	USA	28 Nov 1964	Flyby	Success
Zond 2	USSR	30 Nov 1964	Flyby	Communication lost before Mars transfer
Mariner 6	USA	25 Feb 1969	Flyby	Success
Mariner 7	USA	27 Mar 1969	Flyby	Success
Mars 2M No.521	USSR	27 Mar 1969	Orbiter	Launch Failure
Mars 2M No.522	USSR	2 April 1969	Orbiter	Launch Failure

1970 – 1980

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
Mariner 8	USA	8 May 1971	Orbiter	Launch Failure
Kosmos 419	USSR	10 May 1971	Orbiter	Launch Failure
Mars 2	USSR	19 May 1971	Orbiter, Lander, Rover	Orbiter-Success (27/11/1971) Lander & Rover Crashed on to Mars Surface
Mars 3	USSR	28 May 1971	Orbiter, Lander, Rover	Orbiter-Success (2/12/1971) Lander & Rover partial success as it soft landed, but transmission lost within 15 minutes (First Successful touch down)

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
Mariner 9	USA	30 May 1971	Orbiter	Success (first successful Orbiter 13/11/1971)
Mars 4	USSR	21 July 1973	Orbiter	Close Flyby only
Mars 5	USSR	25 July 1973	Orbiter	Partial Success Entered Orbit but failed within 9 days
Mars 6	USSR	5 August 1973	Lander	Partial success. Data returned during descent but not after landing on Mars

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
Mars 7	USSR	9 Aug 1973	Lander	Landing probe separated prematurely; entered a Sun centered orbit. Failure
Viking 1	USA	20 Aug 1975	Orbiter, Lander	Success
Viking 2	USA	9 Sep 1975	Orbiter, Lander	Success

1980 – 1990

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
Phobos 1	USSR	7 July 1988	Orbiter, Lander	Contact Lost during transfer orbit
Phobos 2	USSR	10 July 1988	Orbiter, Landers	Orbiter Successfully entered orbit and returned data Lost contact just before deploying landers

1990 – 2000

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
Mars Observer	USA	25 Sep 1992	Orbiter	Lost contact before arrival on Mars
Mars Global Surveyor	USA	7 Nov1996	Orbiter	Success
Mars 96	USA	16 Nov 1996	Orbiter, Lander, Penetrator	Launch Failure
Mars Pathfinder	USA	4 Dec 1996	Lander, Rover	Success (First successful Rover)
Nozomi (Planet-B)	Japan	3 July 1998	Orbiter	Never Entered Orbit

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
Mars Climate Orbiter	USA	11 Dec 1998	Orbiter	Crashed on surface. Error in the computer program used for correction thrusters
Mars Polar Lander	USA	3 Jan 1999	Lander	Crash landed on surface
Deep Space 2			Hard Landers	

2000 – 2010

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
2001 Mars Odyssey	USA	7 April 2001	Orbiter	Success
Mars Express / Beagle 2	ESA	2 June 2003	Orbiter, Lander	Orbiter Success, Landing failure for Lander
MER-A Spirit	USA	10 June 2003	Rover	Success
MER-B Opportunity	USA	7 July 2003	Rover	Success
Rosetta	ESA	2 March 2004	Gravity assist to comet	Success

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
Mars Reconnaissance Orbiter	USA	12 Aug 2005	Orbiter	Success
Phoenix	USA	4 Aug 2007	Lander	Success
Dawn	USA	7 July 2003	Gravity assist to Vesta	Success

2010 – Till Now

Mission	Country	Date of Launch	Mission Type	Status
Fobos-Grunt	Russia	8 Nov 2011	Lander, Sample Return	Failed to leave Earth orbit. Fell back to Earth
Yinghuo-1	China		Orbiter	
Curiosity	USA	26 Nov 2011	Rover	Success
Mars Orbiter Mission	India	5 Nov 2013	Orbiter	Success
MAVEN	USA	18 Nov 2013	Orbiter	Success

Further reading

1. http://www.isro.gov.in/pslv-c25-mars-orbiter-mission - For details on the orbiter mission, the launch vehicle, ground segment operation, and plenty of images from the preparatory stages of the mission.
2. http://mars.nasa.gov/ - for details on the planet and the history of Mars exploration by NASA.
3. http://www.marsquestonline.org/ - for a variety of multimedia based learning activities on Mars suitable for school students.
4. http://phoenix.lpl.arizona.edu/mars101.php - the NASA Phoenix mission site has a detailed write-up on the search for water on Mars and the possibility of finding life.
5. http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2012-305 - on Curiosity finding evidence water on Mars, finding ancient streambed gravels



आनन्द नारायणन *इण्डियन इंस्टीट्यूट ऑफ स्पेस साइंस एण्ड टैक्नोलोजी में एस्ट्रोफिजिक्स (अन्तरिक्ष–भौतिकी) पढ़ाते हैं। उनका शोधकार्य यह समझने पर केन्द्रित है कि किस तरह बेरियोनिक पदार्थ गैलेक्सियों के बाहर बड़े पैमाने पर वितरित हुआ है। वे नियमित रूप से ऐस्ट्रोनोमी से सम्बन्धित शैक्षणिक और सार्वजनिक विज्ञान प्रसार गतिविधियों में अपना योगदान देते हैं। बीच–बीच में, दक्षिण भारत के सांस्कृतिक इतिहास की छानबीन करने के लिए उन्हें अक्सर यात्राएँ करना पसन्द है।* ***अनुवाद :*** *भरत त्रिपाठी*